

ELŻBIETA KACZMARSKAKatedra Genetyki i Hodowli Roślin Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

Efekty zdolności kombinacyjnej w potomstwie wybranych odmian truskawki (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Combining ability effects in the progeny of chosen strawberry cultivars (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Przedmiotem badań było pięć form rodzicielskich truskawki oraz mieszańce pokolenia F₁, uzyskane w wyniku krzyżowania diallelicznego. Analizę wyników przeprowadzono według trzeciej metody Griffinga, uwzględniającej krzyżowania odwrotne. Otrzymane w ten sposób potomstwa (20 kombinacji) oraz formy rodzicielskie wysadzono w układzie bloków losowych (4 powtórzenia, 30 roślin w każdym powtórzeniu). Celem pracy była ocena efektów ogólnej (GCA) i specyficznej zdolności kombinacyjnej (SCA) oraz efektów krzyżowań odwrotnych (RE) dla pięciu odmian truskawki. W latach 2005–2006 badano następujące cechy roślin: średni plon owoców z rośliny, średnia liczba owoców z rośliny, średnia masa pojedynczego owocu oraz wigor roślin (wyrażony jako średnia liczba liści na roślinie). Analizę statystyczną przeprowadzono na podstawie średnich wyników uzyskanych z pierwszego i drugiego roku owocowania. Oceniane formy rodzicielskie wykazywały zarówno dodatnie, jak i ujemne efekty ogólnej wartości kombinacyjnej. U odmiany Teresa wystąpiły najwyższe dodatnie efekty GCA dla plonu owoców z rośliny, natomiast w przypadku średniej liczby owoców, wartość GCA była ujemna. Odmiany Chandler, Kent i Senga Sengana wykazywały ujemne wartości GCA w stosunku do średniej liczby liści na roślinie. Stwierdzono również ujemne oddziaływanie odmiany Senga Sengana (potwierdzone efektami GCA) na wszystkie analizowane cechy mieszańców. Dodatnie efekty SCA dla wszystkich badanych cech wystąpiły w przypadku kombinacji Kent × Teresa i 1387 × Senga Sengana. Analizując wyniki krzyżowań odwrotnych, w przypadku plonu owoców z rośliny, stwierdzono, że odmiana Senga Sengana da lepsze efekty, jeżeli użyjemy jej jako matki, zaś odmiany Kent i Teresa zastosowane jako formy ojcowskie.

Słowa kluczowe: krzyżowanie dialleliczne, truskawka, zdolność kombinacyjna

In this study five strawberry parental forms and F₁ hybrids obtained from diallel crossing performed according to Griffing's method III (with the effects of reciprocal crosses without inbred) were evaluated. The progeny (20 hybrids) and parental forms were planted in the field in a completely randomized block design (4 replicates, 30 plants in each plot). The aim of the study was to assess the general (GCA) and specific (SCA) combining abilities and the effects of reciprocal crosses (RE) in five strawberry cultivars. In 2005–2006 the following features of plants were analyzed: mean yield per plant, mean number of fruits per plant, mean weight of single fruit and vigour of plants (as a mean number of leaves). The statistical analysis was assessed on the basis of mean results obtained in the first and second

year of fructification. The parental forms showed positive or negative results as regards the general combining ability. The highest positive GCA effect of yield per plant was recorded in cv. Teresa. In this cultivar, however, the GCA value for the average number of fruits per plant was negative. Cultivars Chandler, Kent and Senga Sengana showed negative GCA effects for average number of leaves per plant. Disadvantageous effects of cv. Senga Sengana upon all the analyzed traits in the hybrids were recorded. Positive SCA effects for all the traits were found in the progeny Kent \times Teresa and 1387 \times Senga Sengana. The results of reciprocal crosses upon the yield of fruit per plant indicated that cv. Senga Sengana can give better effects when it is used as a maternal component. In contrast, the cvs. Kent and Teresa provide better effects as parental forms.

Key words: combining ability, diallel cross, strawberry

WSTĘP

W hodowli nowych odmian truskawki, mającej na celu zwiększenie plonu owoców i poprawę cech plonotwórczych oraz zdrowotności roślin, konieczna jest znajomość sposobu dziedziczenia tych cech, ułatwiająca wybór odpowiednich form do krzyżowania i metody selekcji. Wybór komponentów rodzicielskich może być przeprowadzony na podstawie właściwości fenotypowych lub ich wartości hodowlanej. Wartość hodowlana odmiany czy klonu określona przez ogólną (GCA), bądź specyficzną (SCA) zdolność kombinacyjną, może zostać oszacowana na podstawie wielu kombinacji krzyżowań przeprowadzonych w różnych układach. Analiza ogólnej zdolności kombinacyjnej niektórych genotypów truskawki została przeprowadzona na podstawie hierarchicznego układu krzyżowań (Hortyński, 1987; Gawroński i in., 2004). Oceny efektów GCA i SCA dokonano również z wykorzystaniem modelu czynnikowego (Coman i Popescu, 1997; Żebrowska 2003), a także krzyżowania diallelicznego (Hortyński 1987, Masny i Żurawicz, 2002). Jednak jak podaje Żurawicz (1990), brak wyraźnej korelacji pomiędzy efektami SCA dla różnych cech użytkowych truskawki sprawia, że hodowla twórcza tego gatunku ukierunkowana na poprawę kilku cech równocześnie jest bardzo trudna.

Celem niniejszej pracy jest ocena efektów ogólnej i specyficzej zdolności kombinacyjnej oraz efektu krzyżowań odwrotnych pięciu odmian truskawki pod względem plonu i wybranych cech plonotwórczych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2005–2006 na plantacji doświadczalnej Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Ogrodniczych w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin k. Lublina. Przedmiotem badań było pięć form rodzicielskich truskawki, tj. odmiany: Senga Sengana, Chandler, Teresa, Kent i klon hodowlany o numerze 1387 wyhodowany w KGiHRO oraz mieszańce pokolenia F_1 , uzyskane w wyniku krzyżowania tych genotypów. W roku 2003 wykonano program kojarzenia diallelicznego, uwzględniający krzyżowania odwrotne, bez potomstwa form rodzicielskich. Otrzymane w ten sposób mieszańce pokolenia F_1 (20 kombinacji) oraz formy rodzicielskie posadzono do gruntu w 2004 roku w układzie bloków losowych (4 powtórzenia, 30 roślin w każdym powtórzeniu). Rośliny zostały wysadzone na pasach przykrytych czarną tkaniną PP zapobiegającą zachwaszczeniu w rozstawie 50 \times 35 cm, odległość między pasami wynosiła 125 cm.

W latach 2005–2006 oszacowano następujące cechy roślin: średni plon owoców z rośliny, średnia liczba owoców z rośliny oraz średnia masa pojedynczego owocu. Określono również wigor roślin poprzez obliczenie średniej liczby liści na roślinie (średnią obliczono na podstawie wyników z 50 losowo wybranych roślin z każdej kombinacji). Analizę statystyczną przeprowadzono na podstawie średnich wyników uzyskanych z pierwszego i drugiego roku owocowania. Analizy wariancji i oceny efektów ogólnej (GCA) i specyficznej zdolności kombinacyjnej (SCA) oraz efektów krzyżowań odwrotnych (RE) wykonano według III metody Griffinga opisaną przez Ubysz-Borucką i wsp. (1985). Do oceny różnic między średnimi wartościami poszczególnych cech wykorzystano wielokrotny test Duncana. Analizy istotności efektów GCA, SCA i RE dokonano przy użyciu testu t — Bonferroni na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizy wariancji wykazały istotne zróżnicowanie efektów GCA, SCA i RE badanych mieszańców truskawki pod względem masy pojedynczego owocu oraz liczby liści na roślinie (tab. 1).

Tabela 1

Średnie kwadraty dla ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej oraz krzyżowań odwrotnych (RE) dla 4 cech 5 odmian truskawki
Mean squares for general (GCA) and specific (SCA) combining abilities and reciprocal effects (RE) for 4 traits in 5 strawberry cultivars

Źródło zmienności Source of variability	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty odchyłeń — Mean squares of deviations			
		plon owoców z rośliny fruit yield per plant (g)	liczba owoców z rośliny number of fruits per plant	masa pojedynczego owocu weight of single fruit (g)	liczba liści na roślinie number of leaves per plant
GCA	4	2437,589	55,085	0,623**	50,324**
SCA	5	1440,242	19,570	0,186*	18,001*
RE	10	1599,124	31,707	0,176*	26,873**
Błąd Error	60 ^a 980 ^b	1254,565	42,679	0,077	8,061
S^2_{GCA} S^2_{SCA}		1,692	2,815	3,349	2,795

^a – Liczba stopni swobody dla plonu, liczby owoców i masy pojedynczego owocu; Degrees of freedom for fruit yield, number of fruits and weight of single fruit

^b – Liczba stopni swobody dla liczby liści; Degrees of freedom for number of leaves per plant

*, ** Istotne według testu F-Fishera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different according to F-test at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively

Najniższą wartość S^2_{GCA} / S^2_{SCA} uzyskano dla plonu owoców z rośliny, co wskazuje na znaczny udział zmienności addytywnej w genetycznym uwarunkowaniu tej cechy. W przypadku pozostałych cech, udział genów o addytywnym sposobie działania był znacznie większy niż genów działających nieaddytywnie. Podobnie, oszacowania komponentów wariancyjnych w badaniach Hortyńskiego (1987) wykazały znaczne ilości nieaddytywnej wariancji genetycznej dla plonu owoców, przy niewielkich efektach addytywnego działania genów (istotnych jednakże w populacji uzyskanej wg modelu czynnikaowego).

Wcześniejsze prace Aalders i Craig (1968, 1974) wykazują, że u truskawki plon owoców i cechy jego struktury są uwarunkowane zarówno addytywnym, jak i nieaddytywnym działaniem genów.

Na podstawie dwuletnich badań należy stwierdzić, że mieszańce F_1 charakteryzowały się wyższym plonem i liczbą owoców z rośliny oraz masą pojedynczego owocu w porównaniu z odmianami rodzicielskimi (tab. 2).

Tabela 2

Średnie wartości wybranych cech u form rodzicielskich i mieszańców F_1 truskawki
Mean values for chosen traits in parental forms and F_1 hybrids in strawberry

Wyszczególnienie Specification	Plon owoców z rośliny Fruit yield per plant (g)	Liczba owoców z rośliny Number of fruits per plant	Masa pojedynczego owocu Weight of single fruit (g)	Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant
Rodzice-Parents				
Chandler	236,80b	41,46b	5,19dc	61,00a
Kent	247,51b	46,28b	4,76d	44,04dc
Senga Sengana	315,17ba	52,52ba	4,76d	40,56dc
Teresa	368,75ba	56,16ba	6,50bac	53,43ba
1387	306,50ba	52,14ba	5,40bdc	61,34a
Średnia-Mean	294,94	49,71	5,32	52,07
Mieszańce-Hybrids				
Chandler × Kent	333,49ba	57,92ba	5,85bdac	43,02dc
Chandler × S. Sengana	291,61ba	55,35ba	5,45bdc	49,96bac
Chandler × Teresa	352,66ba	62,34a	5,66bdac	46,32bdc
Chandler × 1387	313,7ba	62,38a	5,07dc	46,52bdc
Kent × S. Sengana	247,94b	48,26ba	5,12dc	37,60d
Kent × Teresa	399,71a	60,41a	6,69ba	47,30bdac
Kent × 1387	317,66ba	61,10a	5,58bdc	56,02ba
Kent × Chandler	299,94ba	52,18ba	5,68bdac	49,62bac
S. Sengana × Teresa	250,35b	48,36ba	5,25dc	48,54bdac
S. Sengana × 1387	377,57ba	66,59a	5,70bdac	56,50ba
S. Sengana × Chandler	301,92ba	52,63ba	5,71bdac	50,88bac
S. Sengana × Kent	311,61ba	54,91ba	5,77bdac	49,92bac
Teresa × Kent	329,44ba	47,72ba	6,90a	53,50bac
Teresa × S. Sengana	286,38ba	51,96ba	5,53bdc	42,10dc
Teresa × 1387	302,86ba	54,19ba	5,58bdc	58,47a
Teresa × Chandler	341,51ba	57,46ba	5,91bdac	56,66ba
1387 × Teresa	341,42ba	59,28ba	5,79bdac	54,92ba
1387 × S. Sengana	249,37b	50,79ba	4,78d	51,82bac
1387 × Kent	338,25ba	53,03ba	6,37bac	49,02bac
1387 × Chandler	339,83ba	61,26a	5,58bdc	54,94ba
Średnia — Mean	316,36	55,91	5,70	50,18
NIR_{0,05} — LSD_{0,05}	144,35	19,38	0,89	11,81

Średnie wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ (wg testu Duncana)
 Mean values marked with the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0,05$ (acc. To Duncan's test)

Najwyższą średnią masę owoców z rośliny oszacowano dla kombinacji Kent × Teresa (399,71 g), natomiast najniższą dla mieszańców: Kent × Senga Sengana (247,94 g), 1387 × Senga Sengana (249,37 g), Senga Sengana × Teresa (250,35 g). W badaniach, jakie

przeprowadził Gawroński w 2003 roku najwyżej plonowały półrodzeństwa, które w swym rodowodzie miały odmianę Senga Sengana, niezależnie od kierunku krzyżowania.

Mieszzańce z polską odmianą Teresa (hodowli KGiHRO) charakteryzowały się wysokim plonem. Znalazło to odzwierciedlenie w postaci istotnego dodatniego efektu GCA dla tego genotypu (12,24; tab. 3). Stwierdzono natomiast istotnie ujemne oddziaływanie odmiany Senga Sengana (potwierdzone efektami ogólnej wartości kombinacyjnej) na wszystkie analizowane cechy. W badaniach Żurawicza (1990), istotne pozytywne efekty GCA dla plenności roślin wykazały odmiany Dukat, Senga Sengana i Gorella, natomiast najwyższe dodatnie efekty SCA wykazała kombinacja Cavalier × Senga Sengana.

Tabela 3

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich truskawki
The effects of general combining ability in the strawberry parents

Odmiana Cultivar	Plon owoców z rośliny Fruit yield per plant	Liczba owoców z rośliny Number of fruits per plant	Masa pojedynczego owocu Weight of single fruit	Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant
Chandler	7,29	2,37*	-0,11	-0,59
Kent	7,86	-1,95	0,39*	-2,57*
Senga Sengana	-35,69**	-3,06*	-0,38*	-2,35*
Teresa	12,24*	-0,92	0,28	1,06
1387	8,29	3,56*	-0,18	4,46**

*, ** Efekty istotnie różne od zera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Effects differ significantly from zero at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively

Tabela 4

Efekty krzyżowań odwrotnych
The effects of reciprocal crosses

Mieszzańce Hybrids	Plon owoców z rośliny Fruit yield per plant	Liczba owoców z rośliny Number of fruits per plant	Masa pojedynczego owocu Weight of single fruit	Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant
Chandler × 1387	13,06	-0,56	0,25	4,21*
Kent × 1387	10,29	-4,03*	0,39*	-3,50
Kent × Chandler	16,77*	2,87	0,08	-3,30
S.Sengana × 1387	-64,10**	-7,90**	-0,46*	-2,34
S.Sengana × Chandler	-5,15	1,36	-0,12	-0,46
S.Sengana × Kent	-31,83**	-3,32	-0,32	-6,16**
Teresa × 1387	19,28*	2,54	0,11	-1,77
Teresa × Chandler	5,57	2,44	-0,12	-5,17*
Teresa × Kent	35,13**	6,34**	-0,10	-3,10
Teresa × S.Sengana	-18,01*	-1,80	-0,14	3,22

*, ** Efekty istotnie różne od zera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Effects differ significantly from zero at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively

Korzystnym oddziaływaniem w kierunku zwiększenia liczby owoców z rośliny charakteryzował się klon hodowlany nr 1387 oraz odmiana Chandler. Najwyższe dodatnie efekty specyficznej wartości kombinacyjnej pod względem tej cechy uzyskały mieszańce: Chandler × Teresa i 1387 × Senga Sengana. W przypadku tego ostatniego mieszańca

oszacowano również największy istotny efekt krzyżowania odwrotnego pod względem trzech badanych cech (tab. 4). Ocena efektów krzyżowań odwrotnych 11 form rodzicielskich badanych przez Żurawicza (1990) wykazała, że mieszańce o rodowodzie Senga Sengana × Dukat odznaczają się istotnie wyższą plennością i liczebnością owoców z rośliny niż mieszańce otrzymane z krzyżowania w kierunku przeciwnym.

Ważną cechą plonotwórczą u truskawki jest masa pojedynczego owocu. Najwyższą wartość tej cechy stwierdzono w potomstwie Teresa × Kent (6,90 g), a najniższą w potomstwie 1387 × Senga Sengana (4,78 g). Oszacowania GCA wskazują na dodatni efekt u odmiany Kent, zaś dla pozostałych odmian jest on nieistotny. Istotnie dodatnią wartość SCA oszacowano u mieszańców Kent × Teresa i Chandler × Senga Sengana (tab. 5). Na podstawie analizy krzyżowań odwrotnych stwierdzono istotny dodatni efekt w przypadku potomstwa Kent × 1387, natomiast u mieszańców Senga Sengana × 1387 był on istotnie ujemny. W badaniach przeprowadzonych przez Żebrowską (2003), najwyższy dodatni efekt GCA dotyczący plonu z rośliny i średniej masy pojedynczego owocu obserwowano w potomstwie klonu matecznego 150 Ms. Ujemną wartość GCA oszacowano dla potomstwa klonu matecznego 74 Ms w odniesieniu do dziedziczenia plonu i wielkości owoców.

Tabela 5

Efekty swoistej zdolności kombinacyjnej truskawki
The effects of specific combining ability in strawberry

Mieszańce Hybrids	Plon owoców z rośliny Fruit yield per plant	Liczba owoców z rośliny Number of fruits per plant	Masa pojedynczego owocu Weight of single fruit	Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant
1387 × Teresa	-14,75*	-1,81	-0,11	0,99
1387 × S. Sengana	24,50**	2,28*	0,11	1,87
1387 × Kent	-4,56	-0,45	0,07	0,45
1387 × Chandler	-5,18	-0,03	-0,07	-3,32**
Chandler × Kent	-14,80*	-1,28	-0,21*	-0,69
Chandler × S. Sengana	8,79	-1,23	0,37**	3,18**
Chandler × Teresa	11,18	2,54*	-0,08	0,84
Kent × S. Sengana	-8,75	0,69	-0,26*	-1,49
Kent × Teresa	28,11**	1,03	0,41**	1,73
S. Sengana × Teresa	-24,55**	-1,75	-0,21*	-3,56**

*, ** Efekty istotnie różne od zera odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Effects differ significantly from zero at $\alpha = 0.05$ and 0.01 , respectively

Liczba liści na roślinie u badanych mieszańców wahała się od 37,60 w kombinacji Kent × Senga Sengana do 58,47 w przypadku Teresa × 1387. Jak podają Szczygieł i wsp. (1999), u truskawki liczba liści na roślinie zależy od warunków wzrostu oraz odmiany i może sięgać nawet 100.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie GCA, SCA i RE mieszańców truskawki pod względem masy pojedynczego owocu oraz wigoru roślin.

2. Oceniane genotypy wykazywały zarówno dodatnie, jak i ujemne efekty ogólnej wartości kombinacyjnej. U odmiany Teresa wystąpiły istotne dodatnie efekty GCA dla plonu owoców z rośliny (12,24), natomiast w przypadku średniej liczby owoców, wartość GCA była ujemna (-0,92).
3. Na podstawie uzyskanych wyników, stwierdzono ujemne oddziaływanie odmiany Senga Sengana na wszystkie analizowane cechy.
4. Dodatnie efekty SCA dla większości badanych cech wystąpiły w przypadku kombinacji Kent × Teresa i Teresa × Kent. Wskazane są dalsze prace nad oceną przydatności tych mieszańców w celu otrzymania nowych odmian.
5. Analizując wyniki krzyżowań odwrotnych, stwierdzono istotność oddziaływań materiału genetycznego zawartego w cytoplazmie na badane cechy, zwłaszcza w przypadku plonu i liczby owoców z rośliny.

LITERATURA

- Aalders L. E., Craig D. L. 1968. General and specific combining ability in seven inbred strawberry lines. *Can. J. Gen. Cyt.* 10: 1 — 6.
- Aalders L. E., Craig D.L. 1974. Analysis of fruit yield and related factors in a diallel of seven inbred strawberry clones. *Can. J. Gen. Cyt.* 16: 381 — 387.
- Coman M. S., Popescu A. N. 1997. Inheritance of some strawberry quantitative traits. *Acta Hort.* 439, Vol. 1: 81 — 88.
- Gawroński J., Hortyński J., Czernaś J., Żebrowska J. 2004. Analiza terminu zakwitania roślin i dojrzewania owoców potomstw mieszańcowych truskawki (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Folia Univ. Agric. Stetin.* 240 (96): 59 — 64.
- Hortyński J. A. 1987. Dziedziczenie niektórych cech ilościowych truskawki (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Metody i problemy oszacowań.* AR, Lublin: 1 — 98.
- Masny A., Żurawicz E. 2002. Zdolność kombinacyjna wybranych genotypów truskawki w hodowli odmian powtarzających owocowanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 488: 477 — 485.
- Szczygieł A., Pierzga K. 1999. *Truskawka.* Hortpress, Warszawa.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. *Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin.* Wyd. SGGW — AR, Warszawa.
- Żebrowska J.I. 2003. Combining ability effects in the progeny of male sterile strawberry — (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sec. EEE, Hortic.* vol. XIII: 249 — 255.
- Żurawicz E. 1990. *Odziedziczalność najważniejszych cech użytkowych truskawki (Fragaria x ananassa Duch.).* Wyd. Inst. Sadow. Kwiac., Skierniewice: 1 — 59.